

Deuteron-deuteron fusion by Impact of
heavy-ion beams on deuterated titanium targets
: towards cluster impact fusion for a few
MeV/atom

著者	Mizota Takeshi
内容記述	Thesis (Ph.D. in Science)--University of Tsukuba, (B), no. 1027, 1994.11.30
発行年	1994
URL	http://hdl.handle.net/2241/5120

氏 名(本 籍)	溝 田 武 志 (兵 庫 県)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 1,027 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 11 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
審 査 研 究 科	物 理 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	Deuteron-Deuteron Fusion by Impact of Heavy-Ion Beams on Deuterated Titanium Targets — Towards Cluster Impact Fusion for a Few MeV / atom — (重水素化チタンへの重イオンビーム衝撃による重水素—重水素核融合— — 数 MeV/原子のクラスター衝撃核融合に向けて —)
主 査	筑波大学教授 理学博士 古 野 興 平
副 査	筑波大学助教授 理学博士 李 相 茂
副 査	筑波大学助教授 理学博士 田 岸 義 宏
副 査	東北大学教授 理学博士 笠 木 治郎太

論 文 の 要 旨

本研究の目的は、原子集団であるクラスタービームの衝撃により、固体中に吸蔵された重水素同士の核融合反応に集団効果が現れるかどうかという、原子クラスターと固体の相互作用に於ける新しい問題に対して、単原子による素過程の加算法則を定量的に評価することにある。

そのため、著者は衝突用単原子として炭素、窒素、酸素、ネオン、アルゴン、キセノンを用いて、それらを重水素化チタン (TiD_x) に当て、二次反応 $d + D \rightarrow T + p$ から出る陽子に対し、スペクトル、生成率、角分布、励起関数等を精密に測り、それを素過程によるカスケード計算と定量的に比較した。実験は東京工業大学及びフランスのストラスブール研究所のバン・デ・グラーフ型加速器を用いて行なった。照射エネルギーは $1 \sim 4 \text{ MeV}$ 、重水素化チタン $\text{TiD}_x = 2$ 、厚さ 2 mm とし、厚さ $500 \mu\text{m}$ の半導体検出器を後方角に数台配置して放出陽子の測定を行なった。更に弾性散乱ビームを止める為に検出器の前面に $1 \mu\text{m}$ の金箔を貼り、二次電子のノイズを除くために永久磁石をその上下に配備した。陽子検出器のエネルギー較正は、エネルギーを変えた陽子ビームの薄い金ターゲットからの弾性散乱と ^{241}Am - α 線源を用いて行なった。

得られた放出陽子エネルギースペクトルは、例えば 3 MeV の炭素ビームを TiD_x ターゲットに照射し 135° で測定したものでは、 1.8 MeV と 2.7 MeV に 2 本のピークが見られ、半値幅はそれぞれ 120 keV と 480 keV であった。低エネルギー側のピークは $D(^{12}\text{C}, p)^{13}\text{C}$ からのもので、高エネルギー側のピー

クは二次反応である $D(d, p)T$ からのものである。著者は着目している $D(d, p)T$ の陽子のエネルギースペクトラムを単純な2段階カスケードモデルで産出した。即ち、重イオンが TiD_x に入射した際に、ターゲット中の重水素を弾性散乱する。その後、散乱された重水素はターゲット中の他の重水素と核融合し、陽子を生成するというモデルである。これらの二つの反応は、重イオンがエネルギーを失って止まるまで起きる。このモデル計算の結果、1～4 MeV のエネルギーを持つ。炭素、窒素、酸素、ネオン、アルゴン、キセノン等重イオン照射で、 $110^\circ \sim 173^\circ$ の測定角度範囲にわたり、実験結果の放出陽子のエネルギースペクトルの形状、照射エネルギー依存性が2段階カスケードモデルでよく説明されることが判明した。更に、今回の研究に於いて O, O_2, O_3 を照射イオンとして用い、上と同様の実験を1.0, 1.3 MeV/原子のエネルギー領域で行なうと、解析の結果、ここまでの段階では加算法則が成り立っていることが分かった。

この一連の実験研究により、今後クラスター衝撃による核融合反応の集団効果を定量的に観る一つの方法が開けた。

審 査 の 要 旨

1989年以来、クラスター衝撃による重水素核融合反応に集団効果が現れるかどうかという実験並びに理論研究が多数行なわれた。現在も賛否両論の論争が激しく続いている。ただ、往來の研究はクラスターによる実験が先走り、その基礎となる単原子衝撃重水素核融合反応がどの程度既存の素過程のモデルの範囲で再現出来るかという研究はなかった。

著者の研究は、加算法則ないしは線形性という物理学に於ける基本的観点に立ち、炭素からキセノンまでの重イオンビームを使い、定量的な実験を行なった。そして、自ら二次反応のカスケードモデルの計算プログラムを作り、実験値との比較を行ない、既存の素過程のモデルで充分説明出来ることを示した。そして、この中から将来のクラスター衝撃反応の新しい研究方法を提案するまでになった。

この研究は固体と原子クラスターの相互作用という未知の分野の開拓的研究として、高い評価を与えることができる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。